

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 17 323 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 09 B 5/00**

②① Aktenzeichen: 101 17 323.7  
②② Anmeldetag: 13. 1. 2001  
④③ Offenlegungstag: 5. 9. 2002

⑦① Anmelder:  
Jeschar, Rudolf, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h., 38640  
Goslar, DE; Wassmann, Kurt, Dipl.-Ing., 38685  
Langelsheim, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren für den multifunktionalen Einsatz von Wasserdampf in Anlagen zur Erzeugung energetischer, kondensatfreier Prozessgase aus organischen Feststoffen

DE 101 17 323 A 1

DE 101 17 323 A 1

[0001] Nach dem Stand der Technik werden energetische, Prozessgase aus organischen Feststoffen in Anlagen erzeugt, die aus folgenden thermoprozesstechnischen Stufen bestehen:

Trocknung als Voraussetzung der Separation der organischen Fraktion bei heterogener Zusammensetzung und einem deutlichen Feuchtegehalt der Einsatzstoffe,

Entgasung des Kohlenwasserstoffanteil in indirekt beheizten apparativen Einheiten (Thermolyse),

Crackung im Sinne der Umsetzung des kondensierbaren Anteils der Thermolysegase in unkondensierbare in speziellen Reaktoren,

Vergasung des vom thermolytischen Prozess nicht erfassten Kohlenstoffes (Koks),

Reinigung der Prozessgase im Sinne der Entstaubung und chemisch-reaktiven Enthologenisierung und Entschwefelung,

Verwertung im Sinne einer energetischen Verwertung in Verbrennungsanlagen oder Gasmotoren.

[0002] Das Problem der Trocknung zeigt sich in der erforderlichen Entsorgung, beziehungsweise Reinigung der entstehenden Brüden und/oder des Brüdenkondensats.

[0003] Die Entgasung kann auf Grund der indirekten Beheizung nur in einem relativ niedrigen Temperaturbereich betrieben werden. Dadurch ist eine relativ große Verweilzeit der Einsatzstoffe erforderlich. Dies hat, leistungsspezifisch, entsprechend große Abmessungen der apparativen Einheit zur Folge.

[0004] Die Crackung der Thermolysegase erfolgt in den meisten Fällen ohne die Zugabe von Wasserdampf im gleichen Reaktor, in dem der Koks in der Vergasungsreaktion in Prozessgas umgesetzt wird. Daraus resultiert, prozessbedingt, ein Gas mit einem relativ hohen Gehalt an Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) aus der als Vergasungsmittel eingesetzten atmosphärischen Luft. Darüberhinaus läuft die Crack-Reaktion nur unvollkommen ab, so dass Reste kondensierbaren Gases erhalten bleiben. Beim Einsatz von reinem Sauerstoff als Vergasungsmittel werden diese Nachteile weitgehend vermieden. Dabei entsteht jedoch ein nicht unerheblicher Kostenfaktor und eine Belastung der Energiebilanz durch den Bedarf an elektrischer Energie zur Herstellung des Sauerstoffes.

[0005] Die Problematik der Vergasung nach dem Stand der Technik wurde bereits im vorigen Abschnitt erläutert.

[0006] Bei der chemisch-reaktiven Reinigung von energetischen und damit brennbaren Prozessgasen wird einer Gaswäsche aus Sicherheitsgründen der Vorzug gegeben. Aus dieser Gaswäsche entsteht ebenfalls das sogenannte Abschlammwasser, das einer besonders aufwendigen Reinigung zu unterziehen ist.

[0007] Das beim Gasmotorenbetrieb mit etwa  $460^\circ\text{C}$  anfallende Motorenabgas wird in den meisten Fällen emittiert und bedingt damit einen Energieverlust.

[0008] Die Lösung des Problems der Brüden aus der Trocknung ermöglicht im erfindungsgemäßen Verfahren der thermoprozesstechnische Verbund. Das zur Beheizung der Trocknung zum Einsatz kommende Motorenabgas lässt ein Abgas-Brüden-Gemisch entstehen, das die Eigenschaften eines Vergasungsmittels (Wasserdampf, Restsauerstoff) besitzt. Ein Teilstrom wird bei der Vergasung des Kokes eingesetzt. Brüdenkondensat dient der Prozessdampferzeugung, gasförmige Brüden passieren einen biologischen Abluftfilter.

[0009] Das Temperaturproblem des Entgasungsreaktors wird durch die direkte Beheizung der Einsatzstoffe mit bis zu etwa  $900^\circ\text{C}$  aufgeheiztem Wasserdampf gelöst, der dem

Reaktionsraum des Entgasungsreaktors zugeführt wird. Je nach Bauart des Reaktors erfolgt parallel eine indirekte Beheizung. Ein besonders signifikanter Effekt, der durch die Direktbeheizung mit Heißdampf eintritt, ist die partielle Crackung der kondensierbaren Anteile des Thermolysegases durch die für die thermo-chemischen Reaktionen erfüllten Voraussetzungen (Temperatur und Wasserdampf).

[0010] Die Crackung der restlichen gasförmigen, kondensierbaren Kohlenwasserstoffe aus der Thermolyse erfolgt in einem indirekt beheizten und ebenfalls mit Heißdampf beaufschlagten, speziellen Crack-Reaktor.

[0011] Ein Vergasungsreaktor übernimmt die Umsetzung des vom thermolytischen Effekt nicht erfassten Kohlenstoffanteil der Einsatzstoffe in energetisches Prozessgas, das Vorzugsweise für die internen Beheizungen, zum Beispiel für die Wasserdampferzeugung und -aufheizung, zum Einsatz kommt. Ein Teilstrom der Brüden wird als Vergasungsmittel eingesetzt und als Hilfsstoff genutzt. Der Reinigungsaufwand für Brüden wird damit erheblich reduziert.

[0012] Aus der Prozessgasreinigung entstehende Abschlammwasser bedürfen keiner besonderen Reinigung oder Entsorgung. Sie werden zur Prozessdampferzeugung eingesetzt.

[0013] Der Energieverlust durch ungenutzt emittiertes Motorenabgas wird vermieden, indem es der Trocknung der Einsatzstoffe in direkter Beheizung dient.

[0014] Die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist im Rahmen prozesstechnischer Anlagen möglich, die der energetischen Verwertung von Reststoffen dienen, die einen deutlichen Anteil an organischen Feststoffen enthalten. Das erzeugte unkondensierbare, heizwertreiche Prozessgas ist für den Einsatz in Gasmotoren und Brennstoffzellen geeignet und ermöglicht damit eine hohe Effizienz in Bezug auf die erzeugbare elektrische Energie. Die energetische Verwertung von Reststoffen, zum Beispiel Hausmüll, vorzugsweise daraus separierte, organische Materialfraktionen, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall, organische DSD-Sortierfraktionen, Rechengut aus kommunalen Klärwerken, Abfallholz, Altreifen, organische Schlämme, Klinikabfälle, erfolgt mit hoher Effizienz in Bezug auf die erzeugte Energie.

[0015] Der verfahrens- und prozesstechnische Ablauf und die Effekte des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in **Abb. 1** schematisch dargestellt. Die Einsatzstoffe (1) werden, soweit sie einen deutlichen Feuchtegehalt aufweisen, in direkter Beheizung durch das Motorenabgas (2) ( $460^\circ\text{C}$ ) getrocknet. Sie gelangen anschließend mit etwa 90% Trockensubstanz (3) in den Primärreaktor (Thermolyse). Die direkte Beheizung des Primärreaktors erfolgt mit Wasserdampf (4). Das dafür in Anspruch genommene Wasser (8) besteht zum Teil aus Brüdenkondensat (5) und/oder Abwässern aus der Prozessgasreinigung (6) und gegebenenfalls zusätzlich aus Wasser (7), das keine Trinkwasserqualität aufweisen muss. Der Wasserdampf (4) muss für seinen Einsatz als Heißdampf (9) speziell aufgeheizt werden. Das entstehende Prozessgas-Wasserdampf-Gemisch (10) erreicht den Sekundärreaktor, der mit dem für die thermo-chemische Crack-Reaktion zusätzlich erforderlichen Wasserdampf (11) beaufschlagt wird. Das den Sekundärreaktor verlassende Prozessgas (12) kommt nach Entstaubung und Kühlung und gegebenenfalls nach chemisch-reaktiver Reinigung (Enthologenisierung, Entschwefelung) als Treibstoff für Magergemisch-Gasmotoren zum Einsatz. Der vom Entgasungsprozess nicht erfasste, als Koks (13) anfallende Kohlenstoff wird dem Tertiärreaktor (Vergasung) zugeführt und je nach den Anforderungen des Vergasungsprozesses unter Zugabe eines Teilstroms des Abluft-Brüden-Gemisches (14) aus der Trocknung, atmosphärischer Luft (15) und zusätzlichem

Wasserdampf (16) in energetisches Prozessgas (17) umgesetzt. Dieses Gas dient vorzugsweise als Brennstoff für die Beheizung der Verdampfungs- und Dampferhitzungseinrichtungen. Der Überschuss des Abluft-Brüden-Gemisches (18) aus der Trocknung gelangt nach vorheriger Kondensation und/oder Reinigung in einem biologischen Abluftfilter und wird in die Atmosphäre emittiert. Die erzeugte elektrische Energie (19) dient der Versorgung der anlageninternen elektromotorischen Antriebe. Der zu erwartende, deutliche Überschuss wird in das externe Stromversorgungsnetz eingespeist.

[0016] Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigen sich im multifunktionalen Einsatz des Wasserdampfes in Anlagen der betrachteten Art. Wasserdampf, zum Teil unter Einsatz betrieblicher Abwässer erzeugt, dient der direkten Beheizung des Primärreaktors und bewirkt gleichzeitig die partielle Crackung der Thermolysegase, soweit diese als kondensierbare gasförmige Kohlenwasserstoffe entstehen. Ein Teilstrom des Wasserdampfes dient im nachgeschalteten Sekundärreaktor der Crackung der restlichen kondensierbaren Gase. Die damit zweistufig ausgelegte Crack-Reaktion garantiert ein weitestgehend kondensatfreies Prozessgas. Das Motorenabgas wird zur Trocknung eingesetzt. Gemeinsam mit den entstehenden Brüden besitzt es die erforderlichen Eigenschaften (Wasserdampfgehalt, Restsauerstoff) eines Vergasungsmittels für die Umsetzung des Kohlenstoffes (Koks) im Tertiärreaktor. Abschlammwasser aus der Prozessgasreinigung wird gemeinsam mit Kondensaten aus dem Überschuss des Brüdenstroms aus der Trocknung zur Dampferzeugung eingesetzt. Die Anlage arbeitet damit abwasserfrei. Das erfindungsgemäße Verfahren ist geeignet, den Grad der Verwertung organischer Reststoffe wesentlich zu erhöhen. Neben dem Entsorgungseffekt werden durch die effiziente Energieerzeugung Primärbrennstoffe substituiert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren für den Einsatz von Wasserdampf in Anlagen zur Erzeugung energetischer, kondensatfreier Prozessgase aus organischen Feststoffen mit einem deutlichen Anteil an Kohlenwasserstoffen, **dadurch gekennzeichnet**, dass Wasserdampf in Anlagen der mehrstufigen Thermoprozesstechnik, zum Beispiel aus den apparativen Einheiten Trocknung, Entgasung, Prozessgas-Crackung, Vergasung und energetischer Prozessgasnutzung bestehend, in einem multifunktionalen verfahrenstechnischen Verbund zum Einsatz kommt, indem Wasserdampf in einem Wärmetauscher je nach Art der Einsatzstoffe, zum Beispiel bis auf 900°C aufgeheizt und zur direkten Beheizung eines Primärreaktors zur Entgasung des Kohlenwasserstoffanteils der Einsatzstoffe zum Einsatz kommt, und parallel zur direkten Beheizung der Einsatzstoffe im Interesse der Entgasung die damit entstehenden, gasförmigen Kohlenwasserstoffe ( $C_mH_n$ ) durch den thermo-chemischen Einfluss von Wasserdampf und Temperatur partiell in energetische, unkondensierbare, gasförmige Stoffe ( $CO + H_2$ ) umgesetzt werden und das den Primärreaktor verlassende Prozessgas-Wasserdampf-Gemisch, gegebenenfalls gemeinsam mit zusätzlichem, extern erzeugtem Wasserdampf einem beheizten Sekundärreaktor zugeführt wird, um in einem ergänzenden, thermo-chemischen Crackprozess die Umwandlung restlicher kondensierbarer, gasförmiger Kohlenwasserstoffe in unkondensierbare, gasförmige Stoffe zu ermöglichen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass betriebliche Abwässer einer Gesamtanlage, zum Beispiel Brüdenkondensat und Abschlammwasser aus der Prozess- oder Verbrennungsgasreinigung zur Prozessdampferzeugung eingesetzt und damit entsorgt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der für die thermo-chemische Umsetzung des von der Entgasung nicht erfassten Kohlenstoffes (Koks) erforderliche Tertiärreaktor in der Form eines Vergasungsreaktors mit einem Teilstrom des aus der Trocknung der Einsatzstoffe mit direkter Beheizung, zum Beispiel unter Einsatz von Motorenabgas (z. B. 460°C), entstehenden Abdampf-Abluft-Gemisches als Vergasungsmittel beaufschlagt wird.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beheizten Reaktoren einer Gesamtanlage neben einer direkten Beheizung zusätzlich indirekt beheizt werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

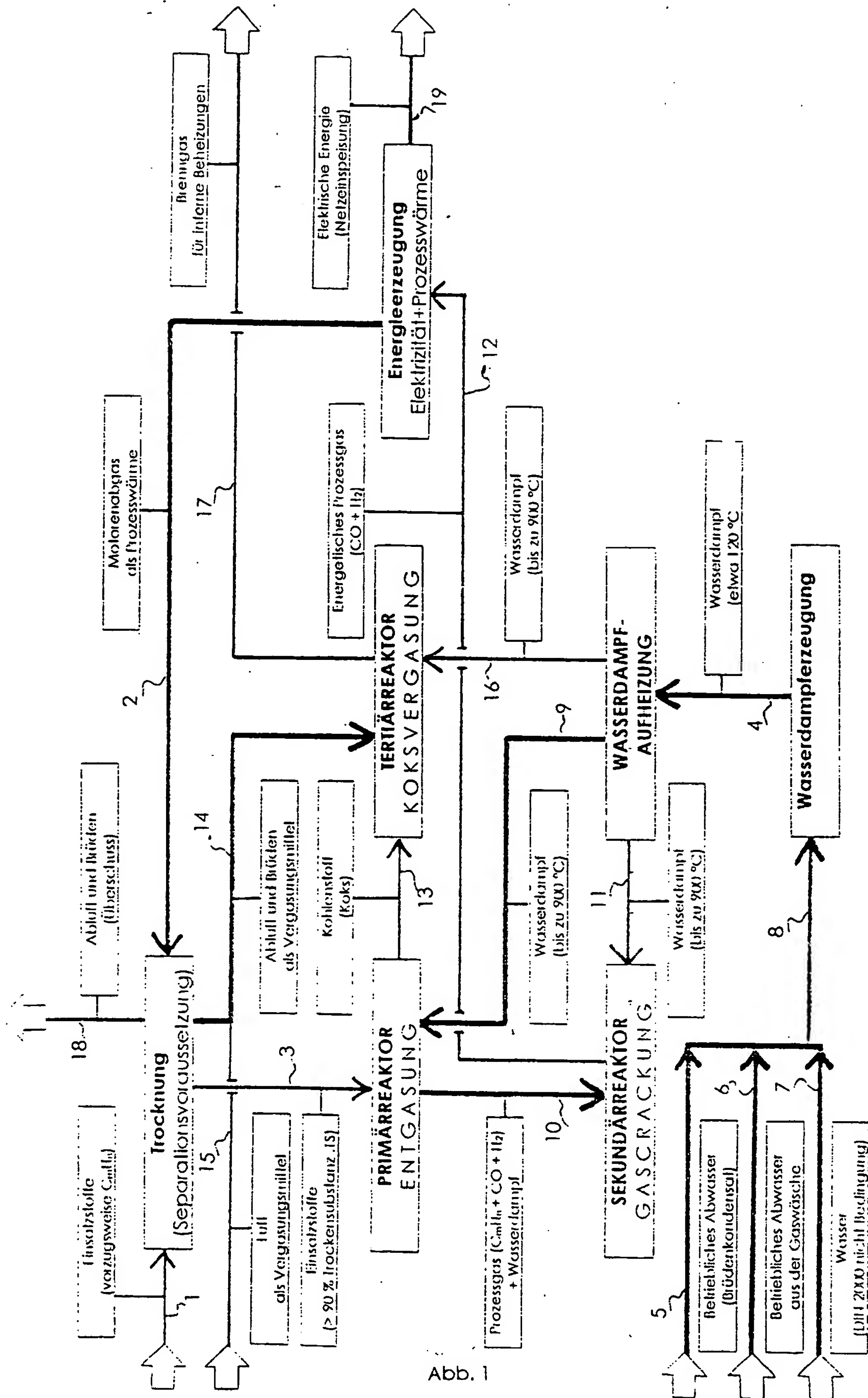


Abb. 1